

Интраоперационная флуоресцентная ангиография в объективизации перфузии низводимой ободочной кишки в онкоколопроктологии: первый российский опыт и обзор литературы

А.В. Кочатков, В.К. Лядов, А.В. Пивень, Н.Д. Калашников

Центр онкоколопроктологии отделения онкологии хирургического профиля ФГАУ «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава России; Россия, 125367, Москва, Ивановское шоссе, 3

Контакты: Александр Владимирович Кочатков koc_koc@inbox.ru

Достаточность длины, а также адекватность кровоснабжения дистальной части низводимой ободочной кишки при формировании первичного анастомоза являются основными интраоперационными факторами, которые позволяют уменьшить число несостоятельств анастомозов при резекциях толстой кишки. Интраоперационная флуоресцентная ангиография позволяет объективно оценить адекватность кровоснабжения и является легко выполнимой и воспроизводимой методикой. В данной работе мы публикуем свой первый опыт использования данной методики у 7 пациентов, у 1 из которых после исследования изменена интраоперационная хирургическая тактика. Дальнейшие разработки в данном направлении необходимы для оценки клинической значимости интраоперационной флуоресцентной ангиографии в объективизации перфузии при операциях на толстой кишке.

Ключевые слова: флуоресцентная ангиография, кровоснабжение тканей, несостоятельность анастомоза, рак прямой кишки, рак толстой кишки, колоректальная хирургия

DOI: 10.17650/2220-3478-2016-6-3-23-28

Intraoperative fluorescence angiography in objectification of relegated colon perfusion in oncocoloproctology: first Russian experience and review of the literature

A.V. Kochatkov, V.K. Lyadov, A.V. Piven, N.D. Kalashnikov

Oncocoloproctological center at the Department of surgical oncology, Medical Rehabilitation Center Ministry of Health Russia; 3 Ivankovskoe Shosse, Moscow, 125367, Russia

Sufficient length, as well as an adequacy of the blood supply to the distal part of the relegated colon in the formation of primary anastomosis are major intraoperative factors that can reduce the number of anastomotic leak in case of colon resections. Intraoperative fluorescence angiography allows you to assess an adequacy of the blood supply. It is easily feasible and reproducible technique. In this paper we publish our first experience of using this technique in 7 patients. In 1 of them intraoperative surgical tactics was changed after the study. Further developments in this direction are necessary in order to evaluate clinical significance of intraoperative fluorescence angiography in perfusion objectification during surgical operations on the colon.

Key words: fluorescence angiography, blood circulation, anastomotic leak, rectal cancer, colon cancer, colorectal surgery

Введение

Несостоятельность анастомоза остается важной проблемой в хирургии толстой кишки. В литературе приводится большое число факторов, увеличивающих риск развития этого тяжелого, а иногда и фатального осложнения. Достаточность длины, а также адекватность кровоснабжения низводимой ободочной кишки при формировании анастомоза являются основными интраоперационными факторами, которые позволяют снизить риск несостоятельности. В большинстве случаев оценка адекватности кровоснабжения является субъективной. Интраоперационная флуоресцентная ангиография позволяет объективно оценить адекват-

ность кровоснабжения и является легко выполнимой и воспроизводимой методикой. В данной работе мы публикуем свой первый опыт применения данной методики при операциях на толстой кишке.

Материалы и методы

В период с 14 января по 4 февраля 2016 г. включительно проведено исследование, направленное на формирование собственного мнения о клинической целесообразности и безопасности выполнения интраоперационной флуоресцентной ангиографии с индоцианином зеленым (ИЦЗ) в оценке адекватности кровоснабжения анастомозируемого участка

толстой кишки. Критериями включения пациентов в исследование являлись: отсутствие аллергических реакций на йод, операция на толстой кишке, проводимая из лапаротомного доступа (определяется особенностями блока камеры визуализации), высокое лигирование питающих сосудов (лимфодиссекция D3), а также наличие сопутствующих заболеваний (распространенный атеросклероз, сахарный диабет) и/или больные, которым в анамнезе была выполнена низкая передняя резекция прямой кишки после проведенной химиолучевой терапии.

Метод интраоперационной флуоресцентной ангиографии. Для определения и картирования перфузии тканей использована лазерная визуализация ИЦЗ — интраоперационная флуоресцентная ангиография. Перед каждым исследованием перфузии 25 мг порошкового ИЦЗ растворяли в 5 мл физиологического раствора, что обеспечивало концентрацию 5 мг/1 мл. Перед каждым визуализационным исследованием анестезиолог вводил через периферический внутривенный доступ по 3 мл этого раствора, а затем струйно 10 мл физиологического раствора.

Визуализацию осуществляли с помощью системы Novadaq SPY (изготовитель Novadaq Technologies Inc., Канада—США), которая обеспечивает формирование и анализ изображений. Система включает передвижную стойку с блоком камеры и лазером на шарнирном держателе, компьютерным монитором, системным блоком и клавиатурой. Блок камеры и шарнирный держатель на время операции помещали в стерильный чехол и располагали над операционным полем. Фокусное расстояние 30 см определяли по индикатору высоты на экране. Изображения получали через 15 с после инъекции и просматривали в реальном времени в течение 34 с. Продолжительность исследования

определяли аппаратными ограничениями. Данные сохраняли на жестком диске в форматах DICOM и MPEG. После сохранения изображения преобразовывали из черно-белых в цветные, чтобы увидеть «горячие» и «холодные» участки, соответствующие областям ткани с относительно активной или слабой перфузией.

Результаты

Интраоперационная флуоресцентная ангиография выполнена 7 пациентам (табл. 1): 4 мужчинам и 3 женщинам, средний возраст — $64,3 \pm 6,3$ года. У пациентов № 2, 3 и 7 сформированы превентивные илеостомы. Всего проведено 11 интраоперационных флуоресцентных ангиографий с ИЦЗ. У 3 больных в процессе передней резекции прямой кишки не представлялось возможным визуализировать зону сформированного анастомоза (табл. 2). В одном наблюдении (№ 7) кровоснабжение анастомозируемого участка толстой кишки признано неадекватным, что потребовало ререзекции толстой кишки. Осложнений от введения ИЦЗ не было. Результаты проведенных интраоперационных флуоресцентных ангиографий с ИЦЗ представлены на рисунке.

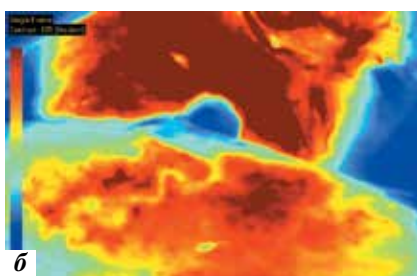
В ближайшем послеоперационном периоде осложнения развились у 2 пациентов. У 1 больной (№ 4) после реконструктивно-восстановительной операции и длительного адгезиолизиса отмечены явления послеоперационного пареза, разрешившегося на фоне консервативной терапии, еще у 1 больного (№ 3) после экстрафасциальной передней резекции на 5-е сутки отмечена клиническая картина частичной несостоятельности анастомоза. Выполнены релапароскопия, санация и дренирование малого таза с последующей антибактериальной терапией.

Таблица 1. Характеристика пациентов, включенных в исследование

Порядковый номер	Возраст, лет	Пол	Локализация первичной опухоли	Стадия заболевания
1	65	Женский	Нисходящая ободочная кишка	cT3N1M0
2	68	Мужской	Среднеампулярный отдел прямой кишки (7 см от ануса)	cT3N1M0 (12 нед после химиолучевой терапии)
3	52	Мужской	Среднеампулярный отдел прямой кишки (8 см от ануса)	cT3N2M0 (CRM+) (8 нед после химиолучевой терапии)
4	67	Женский	Сигмовидная кишка (в анамнезе — резекция сигмовидной кишки, лимфодиссекция от 04.2015 по месту жительства)	pT3N1bM0
5	72	Женский	Поперечная ободочная кишка	cT4aN2M0
6	62	Мужской	Верхнеампулярный отдел прямой кишки (14 см от ануса)	cT4aN1M0
7	68	Мужской	Средне-верхнеампулярный отдел прямой кишки (состояние после химиолучевой терапии)	cT3N0M0 (положительные края резекции; 9 нед после химиолучевой терапии)

Таблица 2. Оперативные вмешательства, интраоперационные флуоресцентные ангиографии с индоцианином зеленым и тяжесть течения послеоперационного периода (по D. Dindo, N. Demartines и P. Clavien [42]) у включенных в исследование пациентов

Порядковый номер	Вид вмешательства	Интраоперационная оценка кровотока низводимой кишки	Интраоперационная оценка кровотока анастомоза	Тяжесть послеоперационного периода
1	Левосторонняя гемиколэктомия	Да	Да	0
2	Передняя резекция прямой кишки (анастомоз на 3 см от ануса)	Да	Нет	0
3	Экстрафасциальная передняя резекция прямой кишки (анастомоз на 4 см от ануса)	Да	Нет	IIIb
4	Реконструктивно-восстановительное закрытие одностольной колостомы, завершающая лимфодиссекция D3	Да	Да	II
5	Расширенная правосторонняя гемиколэктомия	Да	Да	0
6	Передняя резекция, парциальная мезоректумэктомия (анастомоз на 10 см)	Да	Нет	0
7	Экстрафасциальная передняя резекция прямой кишки, тотальная мезоректумэктомия, лимфодиссекция D3 (анастомоз на 4 см)	Да	Нет	0



Визуализация кровоснабжения толстой кишки: а, б — в процессе проведения интраоперационной флуоресцентной ангиографии с индоцианином зеленым в ходе формирования аппаратного анастомоза (темная зона по центру — шток головки сшивающего аппарата) и область анастомоза, картирование кровотока в стенке и брыжейки кишки (адекватное кровоснабжение); в — неадекватное кровоснабжение низводимой кишки (пациент № 7)

Обсуждение

Несостоятельность анастомоза остается важной проблемой в хирургии толстой кишки [1, 2]. В литературе приводится большое количество факторов, увеличивающих риск развития несостоятельности анастомоза. Среди них выделяют объем и вариант резекции кишки, осложнения основного заболевания (нутрициальная недостаточность, анемия и др.), степень компенсации сопутствующих заболеваний, приводящих к ангиопатии и гипоксии тканей (распространенный атеросклероз, сердечная недостаточность, сахарный диабет и др.) [1, 3–7]. Достаточное кровоснабжение дистальной части низводимой ободочной кишки и отсутствие натяжения кишки при формировании первичного анастомоза являются основными интраоперационными факторами, уменьшающими долю несостоятельств анастомозов, на которые может повлиять хирург в процессе выполнения вмешательства [2, 8–10]. В большинстве клиник оценка адекватности кровоснабжения является субъективной и про-

водится на основании интенсивности кровотока из терминальных сосудов брыжейки. Ангиография в ближнем инфракрасном диапазоне (длина волны 800–830 нм) с внутривенным введением ИЦЗ может существенно улучшить оперативность и точность оценки перфузии тканей [11–16].

ИЦЗ — йодированный краситель, флуоресцирующий в инфракрасном свете, который можно вводить внутривенно. Его не рекомендуется применять только при известной аллергии на йод. ИЦЗ впервые начали использовать в медицинской практике в 1957 г. Первоначальное разрешение № NDA 11-525 было выдано 2 февраля 1959 г. В настоящее время к проведению этой манипуляции существуют следующие показания: 1) исследования с разведением индикатора; 2) исследования функции печени; 3) офтальмологическая ангиография. За прошедшие годы появилось множество публикаций, подтверждающих его успешное применение и для измерения параметров внутрисердечного шунтирования и сердечного выброса. Флюо-

ресценция красителя регистрируется термовизуализационной инфракрасной камерой в исследуемых тканях на глубине до 3 мм. Длительность визуализации составляет всего 60 с, благодаря чему операционная бригада может использовать метод несколько раз за вмешательство. Помимо этого, время полувыведения ИЦЗ сравнительно мало, что позволяет каждый раз получать объективные данные. Методика достаточно востребована в пластической хирургии, чаще в маммологии, для оценки кровоснабжения перемещенного кожного лоскута [17, 18]. Картирование с помощью ИЦЗ позволяет точно оценить перфузию в лоскуте, что коррелирует с последующей жизнеспособностью перемещенного лоскута [14, 15]. Методика способствует быстрому проведению диссекции до очевидно доминирующего питающего сосуда [19]. ИЦЗ также используют вместо метиленового синего для выявления и маркировки сигнального лимфатического узла при раке молочной железы. Показано, что его применение в клинической практике оправданно и более результативно по сравнению с метиленовым синим и сцинтиграфией [20].

Следует отметить, что возможности флуоресцентной ангиографии гораздо шире. Данная методика рекомендована для выявления очагов перитонеального канцероматоза и эндометриоза, визуализации хода мочеточников, метастатического поражения печени, оценки адекватности кровоснабжения петель кишки и уровня резекции при мезентериальном тромбозе и др. [16, 21]. В хирургической колопроктологии метод интраоперационной флуоресцентной ангиографии позволяет объективизировать оценку кровоснабжения. Это считается важным для снижения частоты возникновения несостоятельности анастомозов [22–24]. В настоящем исследовании мы использовали установку для открытой хирургии. К клиническому применению предложена система эндоскопической флуоресцентной визуализации PINPOINT® для лапароскопических камер высокого разрешения, позволяющая конвертировать белый свет в инфракрасный [25]. Основными точками приложения этой системы также являются оценка адекватности кровоснабжения низводимой ободочной кишки и визуализация сторожевых лимфатических узлов, но уже в лапароскопической (эндоскопической) хирургии [25].

В настоящий момент мы можем обобщить опубликованные результаты 8 серий клинических наблюдений (от 3 до 119 пациентов) [23, 26–32], 3 контролируемых исследований [33–35] и 1 проспективного мультицентрового исследования [36]. Частота возникновения несостоятельности первичного анастомоза варьирует в различных исследованиях и может достигать 20 % [5–7]. По современным данным, регистрируется снижение частоты несостоятельств до 1–4 % на фоне выполненной интраоперационной флуоресцентной визуализации адекватности крово-

снабжения анастомозируемых участков кишки [34, 36].

Так, проведено проспективное исследование в клинике общей хирургии Университета Шарите (Charite University Medicine, Берлин, Германия) [35], включающее данные 18 пациентов, оперированных по поводу рака прямой кишки. У 2 (11 %) больных был изменен уровень проксимального пересечения толстой кишки. У 6 пациентов отмечены послеоперационные осложнения; несостоятельность анастомоза — у 1 больного, перенесшего переднюю резекцию прямой кишки с тотальной мезоректумэктомией [35]. Авторы пришли к заключению о безопасности и целесообразности проведения интраоперационной флуоресцентной ангиографии. В исследовании С. Форра с соавт. [23] при оценке кишечной перфузии для снижения риска несостоятельности анастомоза при левосторонней гемиколэктомии у 160 пациентов в 4 (2,5 %) случаях методика имела клиническое значение. Авторы отмечают отсутствие достоверного увеличения продолжительности операции при выполнении флуоресцентной ангиографии. D.A. Sherwinter с соавт. [27] проанализировали собственный опыт применения флуоресцентной ангиографии у 20 пациентов, которым выполнена передняя резекция прямой кишки с тотальной мезоректумэктомией: у 4 (20 %) больных проведение интраоперационной визуализации имело клиническое значение (выявлено неадекватное кровоснабжение анастомоза), что потребовало изменения интраоперационной тактики. Авторы также пришли к выводу о целесообразности интраоперационного использования данного метода оценки кровотока. При ретроспективном анализе эффективности данной методики в роботической хирургии рака прямой кишки показано снижение частоты несостоятельств анастомоза с 18 до 6 % [33]. На сегодняшний день наиболее репрезентативные данные по клиническому применению флуоресцентной ангиографии в плановой колопроктологии получены в исследовании PILLAR II (Perfusion Assessment in Laparoscopic Left-Sided/Anterior Resection) [36]. Данное исследование является проспективным, открытым и мультицентровым. В него включены 147 пациентов (анализ результатов проведен на базе данных 139 больных). Однако оно было подвержено критике из-за широкого спектра заболеваний [33] пациентов, включенных в исследование: дивертикулит — 44 %, рак прямой кишки — 25 %, рак ободочной кишки — 21 % случаев. В среднем уровень сформированного анастомоза располагался на 10 ± 4 см выше линии ануса. Мобилизация левого изгиба ободочной кишки проведена у 81,0 % пациентов, высокое лигирование нижней брыжеечной артерии выполнено у 61,9 % больных. В результате проведенной флуоресцентной ангиографии изменения интраоперационной тактики имели место у 11 (8,0 %) пациентов. Частота возникновения несостоятельности

анастомоза отмечена на уровне 1,4 %. При этом несостоятельности анастомоза не отмечено ни в одном из 11 наблюдений, когда был изменен уровень пересечения кишки [36].

Анализируя собственные результаты, в первую очередь несостоятельность сформированного десцендоректоанастомоза после передней резекции прямой кишки, необходимо отметить важность оценки адекватности кровоснабжения обоих анастомозируемых участков толстой кишки (проксимального и дистального). В настоящее время проведение такого контроля технически возможно только в лапароскопической хирургии.

Фактически только у 1 больного (№ 7) из 7 включенных в наше исследование методика флуоресцентной ангиографии имела клиническое значение по предотвращению потенциального тяжелого осложнения и привела к изменению интраоперационной тактики. Дальнейшее накопление клинического опыта должно привести к уточнению наших представлений о показаниях к проведению интраоперационной ангиографии с ИЦЗ и формированию группы больных, которым показано проведение подобного контроля адекватности кровоснабжения.

В настоящее время доказано, что формирование разгрузочной стомы при выполнении низкой передней резекции прямой кишки достоверно снижает риск развития (с 28 до 10 %), а также тяжесть течения несостоятельности анастомоза [37]. В публикации К. Beirens и соавт., в которой обобщен собственный опыт лечения 1912 пациентов за 5 лет, показано достоверное снижение частоты возникновения несостоятельности анастомоза с 10,2 до 4,3 % у больных со сформированными разгрузочными стомами и летальности в послеоперационном периоде до уровня 0 % против 4,8 % у пациентов без стомы соответствен-

но [38]. Целесообразность формирования стомы при низких передних резекциях прямой кишки подтверждается и метаанализами опубликованных данных [39]. С другой стороны, формирование разгрузочной стомы сопряжено с рядом нежелательных явлений (в первую очередь с дегидратацией), а реконструктивный этап хирургического лечения может иметь свои осложнения. Важным выводом при снижении вероятности несостоятельности анастомоза при низких передних резекциях прямой кишки в результате интраоперационной флуоресцентной ангиографии и объективизации адекватности кровоснабжения анастомозируемых участков может являться возможность уменьшения частоты формирования разгрузочных стом без увеличения операционных рисков. Это, несомненно, улучшит качество жизни пациентов, однако данный постулат требует изучения и подтверждения [40].

Еще одной потенциальной сферой для применения интраоперационной флуоресцентной ангиографии является обнаружение потенциально метастатически пораженных тазовых лимфатических узлов, которые не входят в объем лимфодиссекции при выполнении мезоректумэктомии [41].

Заключение

На основании анализа литературы и собственного опыта считаем, что интраоперационная флуоресцентная ангиография представляется легко выполнимой и безопасной методикой, которая перспективна в снижении риска развития несостоятельности кишечных анастомозов в хирургии толстой кишки. Результаты использования методики воспроизводимы. Необходимы дальнейшие исследования для оценки клинической значимости и показаний к применению в рутинной практике.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Complexities in colorectal surgery: decision-making and management. Eds. by: S.R. Steele, J.A. Maykel, B.J. Champagne, G.R. Orangio. New York: Springer Science + Business Media, 2014.
2. The ASCRS Textbook of Colon and Rectal Surgery. Eds. by: D.E. Beck, P.L. Roberts, T.J. Saclarides et al. 2nd edn. Springer Science + Business Media, 2011.
3. McDermott F.D., Heeney A., Kelly M.E. et al. Systematic review of preoperative, intraoperative and postoperative risk factors for colorectal anastomotic leaks. *Br J Surg* 2015;102(5):462–79. DOI: 10.1002/bjs.9697.
4. Daams F., Wu Z., Lahaye M.J. et al. Prediction and diagnosis of colorectal anastomotic leakage: A systematic review of literature. *World J Gastrointest Surg* 2014;6(2):14–26. DOI: 10.4240/wjgs.v6.i2.14.
5. Qu H., Liu Y., Bi D.S. Clinical risk factors for anastomotic leakage after laparoscopic anterior resection for rectal cancer: a systematic review and meta-analysis. *Surg Endosc* 2015;29(12):3608–17. DOI: 10.1007/s00464-015-4117-x.
6. Majbar M.A., Elmalki Hadj O., Souadka A. et al. Risk factors for anastomotic leakage after anterior resection for rectal adenocarcinoma. *Tunis Med* 2014;92(7):93–6.
7. Kang C.Y., Halabi W.J., Chaudhry O.O. et al. Risk factors for anastomotic leakage after anterior resection for rectal cancer. *JAMA Surg* 2013; 148(1):65–71. DOI: 10.1001/2013.jamasurg.2.
8. Kornmann V., van Ramshorst B., van Dieren S. et al. Early complication detection after colorectal surgery (CONDOR): study protocol for a prospective clinical diagnostic study. *Int J Colorectal Dis* 2016;31(2):459–64. DOI: 10.1007/s00384-015-2468-3.
9. Tortorelli A.P., Alfieri S., Sanchez A.M. et al. Anastomotic leakage after anterior resection for rectal cancer with mesorectal excision: incidence, risk factors, and management. *Am Surg* 2015;81(1):41–7.
10. Bertelsen C.A., Andreasen A.H., Jorgensen T. et al. Anastomotic leakage after anterior resection for rectal cancer: risk factors. *Colorectal Dis* 2010;12(1):37–43. DOI: 10.1111/j.1463-1318.2008.01711.x.
11. Benson R.C., Kues H.A. Fluorescence properties of indocyanine green as related to angiography. *Phys Med Biol* 1978;23(1):159–63.

12. Eren S., Rubben A., Krein R. et al. Assessment of microcirculation of an axial skin flap using indocyanine green fluorescence angiography. *Plast Reconstr Surg* 1995;96(7):1636–49.
13. Mothes H., Donicke T., Friedel R. et al. Indocyanine-green fluorescence video angiography used clinically to evaluate tissue perfusion in microsurgery. *J Trauma* 2004;57(5):1018–24.
14. Eren S., Krein R., Hafemann B. Objective evaluation of the microcirculation in the skin with indocyanine green angiography (ICGA). A method for the clinic? *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1995;27(6):307–14.
15. Phillips B.T., Fourman M.S., Rivara A. et al. Comparing quantitative values of two generations of laser-assisted indocyanine green dye angiography systems: can we predict necrosis? *Eplasty* 2014;14:e44.
16. Gossedge G., Vallance A., Jayne D. Diverse applications for near infra-red intraoperative imaging. *Colorectal Dis* 2015;17(Suppl 3):7–11.
17. Newman M.I., Samson M.C., Tamburrino J.F. et al. An investigation of the application of laser-assisted indocyanine green fluorescent dye angiography in pedicle transverse rectus abdominis myocutaneous breast reconstruction. *Can J Plast Surg* 2011;19(1):e1–5.
18. Munabi N.C., Olorunnipa O.B., Goltzman D. et al. The ability of intra-operative perfusion mapping with laser-assisted indocyanine green angiography to predict mastectomy flap necrosis in breast reconstruction: a prospective trial. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2014;67(4):449–55. DOI: 10.1016/j.bjps.2013.12.040.
19. Mohebbi J., Gottlieb L.J., Agarwal J.P. Further validation for use of the retrograde limb of the internal mammary vein in deep inferior epigastric perforator flap breast reconstruction using laser-assisted indocyanine green angiography. *J Reconstr Microsurg* 2010;26(2):131–5. DOI: 10.1055/s-0029-1243298.
20. Grischke E.M., Rohm C., Hahn M. et al. ICG Fluorescence Technique for the Detection of Sentinel Lymph Nodes in Breast Cancer: Results of a Prospective Open-label Clinical Trial. *Geburtshilfe Frauenheilkd* 2015;75(9):935–40.
21. Nowak K., Sandra-Petrescu F., Post S., Horisberger K. Ischemic and injured bowel evaluation by fluorescence imaging. *Colorectal Dis* 2015;17(Suppl 3):12–5. DOI: 10.1111/codi.13032.
22. Nagata J., Fukunaga Y., Akiyoshi T. et al. Colonic Marking With Near-Infrared, Light-Emitting, Diode-Activated Indocyanine Green for Laparoscopic Colorectal Surgery. *Dis Colon Rectum* 2016;59(2):e14–8. DOI: 10.1097/DCR.0000000000000542.
23. Foppa C., Denoya P.I., Tarta C., Bergamaschi R. Indocyanine green fluorescent dye during bowel surgery: are the blood supply “guessing days” over? *Tech Coloproctol* 2014;18(8):753–8. DOI: 10.1007/s10151-014-1130-3.
24. Wu C., Kim S., Halvorson E.G. Laser-assisted indocyanine green angiography: a critical appraisal. *Ann Plast Surg* 2013;70(5):613–9. DOI: 10.1097/SAP.0b013e31827565f3.
25. Fengler J. Near-infrared fluorescence laparoscopy – technical description of PINPOINT® a novel and commercially available system. *Colorectal Dis* 2015;17(Suppl 3):3–6.
26. Sherwinter D.A. Transanal near-infrared imaging of colorectal anastomotic perfusion. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2012;22(5):433–6.
27. Sherwinter D.A., Gallagher J., Donkar T. Intra-operative transanal near infrared imaging of colorectal anastomotic perfusion: a feasibility study. *Colorectal Dis* 2013;15(1):91–6. DOI: 10.1111/j.1463-1318.2012.03101.x.
28. Bae S.U., Baek S.J., Hur H. et al. Intraoperative near infrared fluorescence imaging in robotic low anterior resection: three case reports. *Yonsei Med J* 2013;54(4):1066–9. DOI: 10.3349/ymj.2013.54.4.1066.
29. Ris F., Hompes R., Cunningham C. et al. Near-infrared (NIR) perfusion angiography in minimally invasive colorectal surgery. *Surg Endosc* 2014;28(7):2221–6. DOI: 10.1007/s00464-014-3432-y.
30. Ris F., Hompes R., Lindsey I. et al. Near infra-red laparoscopic assessment of the adequacy of blood perfusion of intestinal anastomosis – a video vignette. *Colorectal Dis* 2014;16(8):646–7. DOI: 10.1111/codi.12593.
31. Hellan M., Spinoglio G., Pigazzi A., Lagares-Garcia J.A. The influence of fluorescence imaging on the location of bowel transection during robotic left-sided colorectal surgery. *Surg Endosc* 2014;28(5):1695–702. DOI: 10.1007/s00464-013-3377-6.
32. Watanabe J., Ota M., Suwa Y. et al. Evaluation of the intestinal blood flow near the recto-sigmoid junction using the indocyanine green fluorescence method in a colorectal cancer surgery. *Int J Colorectal Dis* 2015;30(3):329–35.
33. Jafari M.D., Lee K.H., Halabi W.J., Mills S.D. et al. The use of indocyanine green fluorescence to assess anastomotic perfusion during robotic assisted laparoscopic rectal surgery. *Surg Endosc* 2013;27(8):3003–8.
34. Kudzus S., Roesel C., Schachtrupp A., Hoer J.J. Intraoperative laser fluorescence angiography in colorectal surgery: a noninvasive analysis to reduce the rate of anastomotic leakage. *Langenbecks Arch Surg* 2010;395(8):1025–30. DOI: 10.1007/s00423-010-0699-x.
35. Grone J., Koch D., Kreis M.E. Impact of intraoperative microperfusion assessment with Pinpoint Perfusion Imaging on surgical management of laparoscopic low rectal and anorectal anastomoses. *Colorectal Dis* 2015;17(Suppl 3):22–8. DOI: 10.1111/codi.13031.
36. Jafari M.D., Wexner S.D., Martz J.E. et al. Perfusion assessment in laparoscopic left-sided/anterior resection (PILLAR II): a multi-institutional study. *J Am Coll Surg* 2015;220(1):82–92.e1. DOI: 10.1016/j.jamcollsurg.2014.09.015.
37. Matthiessen P., Hallbook O., Rutegard J. et al. Defunctioning stoma reduces symptomatic anastomotic leakage after low anterior resection of the rectum for cancer: a randomized multicenter trial. *Ann Surg* 2007;246(2):207–14.
38. Beirens K., Penninckx F. Defunctioning stoma and anastomotic leak rate after total mesorectal excision with coloanal anastomosis in the context of PROCARE. *Acta Chir Belg* 2012;112(1):10–4.
39. Tan W.S., Tang C.L., Shi L., Eu K.W. Meta-analysis of defunctioning stomas in low anterior resection for rectal cancer. *Br J Surg* 2009;96(5):462–72. DOI: 10.1002/bjs.6594.
40. Ris F., Buchs N.C., Morel P. et al. Discriminatory influence of Pinpoint perfusion imaging on diversion ileostomy after laparoscopic low anterior resection. *Colorectal Dis* 2015;17(Suppl 3):29–31. DOI: 10.1111/codi.13029.
41. Kazanowski M., Al Furajii H., Cahill R.A. Near-infrared laparoscopic fluorescence for pelvic side wall delta mapping in patients with rectal cancer – “PINPOINT” nodal assessment. *Colorectal Dis* 2015;17(Suppl 3):32–5. DOI: 10.1111/codi.13030.
42. Dindo D., Demartines N., Clavien P.A. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg* 2004;240(2):205–13.